昆 蟲 學 報
第3卷第1期 1953年9月

蜻蜓翅基部形態的研究

趙 修 復

(福建農學院)

一. 緒 言

蜻蜓是常見的昆蟲，身體比許多蟲子都大，顏色美麗，研究的人很多，研究的歷史也很久。關於蜻蜓飛翔的若干形態的問題，昆蟲學的課本中略有說明，歸納起來，主要的有下面兩點的意見：(1) 蜻蜓的中胸與後胸的側板都特別大，而且是傾斜的，把翅移向後方，把足移向前方近於口器以便捕獲小蟲子吃。這種意見爲許多昆蟲學家所採納，讀者可參看 Comstock, Imms, Tillyard 諸課本，以及尤其偉 (1935) 的蟲學大綱。(2)蜻蜓是原始的有翅的昆蟲，翅的基部與胸部相接觸處沒有腋片 (axillaries 或 axillary sclerites)，或是只有一個腋片；這地方的構造是一種原始的型式，與蜉蝣類者相似，而與其他有翅類的昆蟲截然不同。這種意見可參閱 Snodgrass (1935) 的"昆蟲形態學" (Principles of insect morphology)。上述這些問題，不單是蜻蜓的形態的問題，而且是研究昆蟲進化與緣系的重要關鍵。當筆者進行 *Onychogomphus ardens* Needham 之形態的研究以備作研究中國蜻蜓分類之基礎時，就參考文獻所知，覺得關於蜻蜓飛翔的若干形態的問題似乎還沒有有系統的詳細的研究。以前學者所提出的若干意見，有一部分也有商榷的必要。至於蜻蜓之翅，以前學者多半注重於脈翅同源之研究，很少有深入去研究翅脈之機械的功用，如何加强翅之强度，以利飛翔等。這些問題，也就是本文中所要討論的範圍。爲了名稱統一起見，除了一部分由筆者杜撰的以外，盡量採用劉崇樂等 (1950) 黑緣紅瓢蟲之外部形態一文中的中文名詞。

爲了便利解析文中許多有關的問題起見，作者先把昆蟲類翅之起源，略加說明。昆蟲的翅是怎樣來的，昆蟲學者有許多不同的意見。比較受人採納的一種意

見，是說古代的昆蟲，因爲適應環境的緣故，胸部背板向兩側伸展，成爲飛機的翼一樣，使由高處滑翔下來的蟲子，可以抵達很遠的地方。這種飛翔的蟲子，就和飛狐或是滑翔機一樣。後來這種背板側展的構造的基部生了關節，因而便能自由舞動而成爲眞正能够飛的翅了。

根據上述的見解，美國的 Crampton 和俄國的 Martynov 差不多同時在他們的著作中把有翅的昆蟲分爲兩類，即古生翅類 (Palaeopterygota) 和新生翅類 (Neopterygota)。古生翅類的昆蟲因爲翅與胸部接觸處的構造很簡單，沒有腋片 (Axillary) 或是只有一塊腋片，停息時翅向左右伸展（如蜻蛉目之不均翅亞目及少數之均翅亞目）。或是豎立在背上（如蜉蝣目及大多數之均翅亞目）。新生翅類的昆蟲因爲翅與胸部接觸處的構造比較複雜，具有三塊甚至五六塊的腋片，停息時翅是覆蓋在身體之上。除蜉蝣目和蜻蛉目以外，所有其他現代有翅的昆蟲都是屬於新生翅類的。換一句話說：在古生翅類裏，翅與胸部接觸處的構造簡單，翅與身體長軸大約呈垂直位置。在進化的過程中，翅與胸部接觸處的構造變成很複雜，生有好幾塊的腋片，其中以第三腋片 (3rd axillary sclerite) 附有翅屈肌 (Flexor muscle of wing)，屈肌收縮，就會使翅與身體長軸呈各種的角度。說明了上述的原理，可知瞭解翅與胸部接觸處的構造，就是瞭解有翅類昆蟲之緣系的一個關鍵。

現在作者先來說明蜻蜓之翅之基部的構造以及胸部有關飛翔的形態諸問題，然後再說明翅本身怎樣加强構造以利飛翔。

二．翅之基部及有關飛翔的形態的問題

（一） 翅的位置：蜻蜓的翅是位於身體重心附近，這是飛翔時一個重要的條件。在緒言中說過，一般昆蟲學家認爲蜻蜓之翅移向後方，足移向前方。換言之，蜻蜓之翅與足都不是位於原始的位置。作者認爲這種見解只有一半是對的，即是蜻蜓之翅確是移向後方，而蜻蜓之足却是位於原始的位置，沒有更改的。這種見解是根據蜻蜓胸側板縫 (Pleural suture) 的位置和形狀而定的。以前的昆蟲學家誤認胸側板縫是向後傾斜的，實際上假使我們小心觀察，可見胸側板縫是彎曲的，它的下面的一段大約有全長三分之一或四分之一的部分是與身體長軸垂直，而其餘之部分確是向後傾斜。一般昆蟲學家都假定胸側板縫與身體長軸垂直是一種原始的構造，那麼很明白的胸側板縫下面這一段是屬於原始的位置。足是附着於胸

側板縫下端的側板足基突 (Pleural coxal process) 處，那麼足的位置也應該是原始的了。而翅却隨着附近的側板向後擴展而向後移。基於上述的道理，作者認爲蜻蜓之翅確是移向後方，而蜻蜓之足却是位於原始的位置，沒有更動，而不是移向前方的。那彎曲的胸側板縫也是蜻蛉目昆蟲所特有的。這種的意見，是和許多昆蟲學課本所說的不同。

這裏順便對於蜻蜓胸側板縫斜度加以說明。Needham 和 Anthony (1903) 最先說明胸側板縫傾斜角 (Degree of skewness, 也有叫做 Inclination 或是 Angle of humeral suture) 是指胸側板縫與一條和身體長軸垂直線所成之銳角之謂。翅之基部之傾斜角 (Angle of tilt of wing bases) 是指連結前後翅基部之線與身體長軸所成之銳角之謂。但是有的人對於這兩種傾斜角的意義混淆不淸。Tillyard (1917) 在他的名著"蜻蜓的生物學" (The biology of dragonflies) 一書中對於這兩個傾斜角就沒有分別淸楚。

(二) 翅與胸部的銜接：蜻蜓的翅除了以韌膜和胸部相連以外，還有下面三個銜接的地方：(1) R+M 基部背枝與側板翅突後面的一枝 (Posterior arm of pleural wing process) 相銜接，這是翅與胸間一個最主要的關節。(2) 前緣基片 (Humeral plate) 之前葉內緣與翅前橋 (Prealare) 相銜接。(3) 腋基片 (Axillary plate) 與背後翅突 (Posterior notal wing process 亦稱 Posterior wing process of tergum) 相銜接。這三處銜接將在下面各節詳細說明。

(三) 翅基的構造：在未討論翅與胸如何銜接之前，首先要說明翅基 (Wing base) 這一名詞所指的範圍。有的人把翅基指爲翅與胸銜接處全部的構造，包含各個關節，翅下側片 (Epipleurites)，腋片等等。這也就是本文中所討論的範圍。有的人把翅基專指各縱脈基部癒合的構造。這種的構造就在下面一段說明。

蜻蜓翅縱脈的基部互相癒合成爲兩個堅硬的構造，在前的稱爲前緣基片，在後的稱爲腋基片。前緣基片由兩條橫溝分成三葉；其前葉的內緣與背板之翅前橋相銜接；其後葉與前緣脈 C 基端之中間骨片 (Intermediate piece) 相銜接；其下方的邊緣以堅韌的薄膜與側板翅突之前面的一枝 (Anterior arm of pleural wing process) 相連，但不與後者銜接而成爲一個關節。最後一點與 Snodgrass (1935: 221) 所說者稍有不同。腋基片近四邊形，上面稍隆起，係 R+M, Cu, 及 A 各縱脈基部癒合而成，其前緣即是 R+M 基部的背枝，其後緣與腋索 (Axillary cord) 相連。R+M 之基部分爲兩枝：背面的一枝加强腋基片之前緣，其基部與側板

翅突相接成爲一個主要的關節，前面已經說過；腹面的一枝成一突起，以堅韌的薄膜與翅下後側片 (Subalare) 相連接。這樣看來，R+M 的基部與其他各目昆蟲的第二腋片 (Second axillary sclerite) 具有同樣的功用。可能第二腋片就是由 R+M 或是 R 的基部脫離下來成爲一個獨立的小骨片。

(四) 側板翅突：側板縫 (Pleural suture) 上端之側板向上突出，成一倒置足狀的突起，稱爲側板翅突 (Pleural wing process)。側板翅突末端分爲兩枝，前枝較短，頗像足之後跟，以堅韌的薄膜與前緣基片相連接，但是不成關節，這一點與 Snodgrass (1935: 221) 所說的稍有不同。側板翅突後面的一枝較長，與 R+M 基部背枝相銜接，是爲翅與胸間的一個最主要的關節。換言之，這裏就是翅在飛翔時運動的支點。

(五) 翅下側片：在側板翅突之前後各有一個小骨片：前面的稱爲翅下前側片 (Basalare)，後面的稱爲翅下後側片，兩者合稱翅下側片 (Epipleurites 或 Paraptera)。翅下側片在一般的有翅類昆蟲中都很大，而且對於飛翔也甚關重要。但是在蜻蛉目中，它們一向是被人忽略了的；它們在外觀上極爲細小，附着在堅韌的薄膜上，在乾的標本中，因爲裏面所附着的肌肉收縮的緣故，使它們好像是陷入薄膜之內而看不見。可能因此而一般昆蟲學家都認爲它們不存在。每一個翅下側片的內方都生着一個很大的香菰狀的構造，具有一個柄，柄端膨大如盤狀，管理飛翔的降翅肌 (Depressor muscle) 就是附着在它的上面。這兩塊翅下側片的形狀和位置實際上和 Snodgrass 所畫的在鞘翅目 (1909: pls. 53, 54 P) 及膜翅目 (Pl. 61, fig. 165) 的翅下側片一樣。翅下前側片以堅韌的薄膜大部分和前緣基片的前葉相牽連，小部分和前緣基片的後葉相牽連。翅下後側片以同樣的堅韌的薄膜和 R+M 基部腹面的一枝相牽連。根據上面所述的關於蜻蜓的側板翅突以及翅下側片和其他有翅類昆蟲的這些構造比較，原則上並沒有什麼截然不同的區別。換言之：蜻蜓和其他新生翅類昆蟲有一個相同的地方，就是都有翅下側片，不同的地方是在於翅下側片在外表上極小罷了。

這裏附帶說明，就作者參考文獻所知，可能是 Forbes (1943) 首先指出蜻蜓有翅下前後兩塊側片。在以前如 Calvert (1893) 和 Tillyard (1917) 都把它們認爲是一種帽形腱 (Cap-tendons)。Snodgrass (1935:232) 也說蜻蜓沒有翅下側片，可能他也把翅下側片認爲是一種腱，因爲他說："在蜻蛉目裏兩個前翅肌……由長腱直接附着在翅基的大的前緣基片，……" 以及 "兩個後側翅肌……直接附着

在翅基的腋基片，”作者認爲這兩塊小骨片應該是翅下側片而不是腱，因爲（1）在外觀上它們雖然很小，但是顯然是一種獨立的骨片。（2）它們的位置和新生翅類的翅下側片一樣。（3）翅的直接肌附着在它們，這一點也和新生翅類的情形一樣。（4）它們也是以堅韌的薄膜與翅基相連。在這兩塊的翅下側片之中，作者覺得翅下後側片更值得特別注意，因爲在蜻蛉目裏它是和 R+M 基部腹面的一枝相牽連，而在新生翅類它是和第二腋片（Second axillary sclerite）相牽連。可能這是一個線索說明第二腋片是由 R+M 或是單單 R 的基部脫離而成的。

（六）背板：一般有翅類昆蟲的中胸及後胸背板與側板相連接的地方有兩處：在前的是翅前橋(Prealare)，在後的是翅後橋(Postalare)(見 Snodgrass 1935: 174, fig. 96)。但是蜻蜓的中胸及後胸背板都特別小，其與側板相連接的情形和其他有翅類的昆蟲不一樣。蜻蜓的中胸及後胸背板是以翅前橋與前緣基片的後葉相銜接，其他大部分的地方是以廣闊的韌膜與側板相連。所以當蜻蜓飛翔的時候，背腹肌（Tergosternal muscle）收縮，整個的中胸及後胸背板就會稍稍下陷在由側板所形成的圍墻裏。這也是蜻蜓形態上一種特殊的構造。還有一點：一般有翅類昆蟲的背肌（Dorsal muscle）是管理飛翔的一種極重要的肌肉，它的伸縮能使背板展平或彎曲，間接地使翅發生動作。但是在蜻蜓裏，由於中胸及後胸背板都很小，懸骨（Phragma）很小，背肌也很小，所以背肌對於飛翔可能是很不重要的。

翅前橋與前緣基片的銜接是蜻蜓中一個很特殊的關節。據 Snodgrass (1935) 所說，在一般的有翅類昆蟲中，翅前橋通常是向側面或向側下方伸展與前側片(Episternum) 相接，所以側板才能藉此來支持背板的前端。可是在蜻蜓裏，翅前橋與前側片並不相接，中間隔着很寬的薄膜，所以前側片就不能有力地支持着背板，在飛翔時整個背板就會跟着翅之起落而上下地動着。還有一點，在其他有翅類昆蟲中，翅基前緣是和背前翅突（Anterior notal wing process）及第一腋片（First axillary sclerite）相接，成爲一個重要的關節。但是這樣的關節在蜻蜓似乎沒有什麼重要的作用，而關節的作用是由翅前橋與前緣基片的銜接負担起來。

上面說明了蜻蜓的背板與側板相銜接的特殊情況以及背板在飛翔時上下起落的特殊情况，現在來討論中胸及後胸背板的構造。中胸與後胸背板的構造基本上是相同的。背板最前面的部分是 T 字形的構造，由一條前緣縫 (Antecostal suture) 分爲背板前緣片（Acrotergite）及前盾片（Prescutum)。沿着前緣縫的內方生着

小小的懸骨 (Phragma)。T 字形橫棒之外端部分叫做翅前橋 (Prealare)，它的外緣和前緣基片的前葉相銜接。盾片 (Scutum) 是一塊很大的構造，在它的兩側有前後兩個突出的部分。前面的突出部分與盾片完全脫離，叫做盾片側離片 (Detached plate of scutum, Snodgrass 1930: fig. 11, A, a; 1935: fig. 123, B, a)，它的前端有時與翅前橋 (Prealare) 相癒合，有時並不相癒合，視蜻蜓之種類而異。後面的突出部分沒有和盾片完全脫離，這部分叫做背後翅突 (Posterior notal wing process, 或 Adanal sclerite)，與腋片相接。上述的盾片側離片 Snodgrass (1930; 1935) 曾作圖表示，但是它對於翅之運動之重要性未曾受人注意。它由側切 (Notal incision, 或 Lateral emargination) 分爲前後兩葉，在前的叫做背前翅突 (Anterior notal wing process, 或Suranal sclerite)。盾片側離片在外觀靠近其內緣處有一縱溝。順着這條縱溝裏面生着極大的內骨，作者把它叫做側離片內骨 (Apodeme of detached plate of scutum)。這個內骨具有一個柄，末端膨脹像鞋底的樣子，前人 (Calvert 1893; Tillyard 1917) 把它叫做帽狀腱 (Cap-tendon)，是主舉翅肌所附着處，將在討論飛翔肌肉時再作說明。除了上述的盾片側離片以外，還有兩個小骨片，即第一腋片及另一不知名的小骨片，將在下一節詳加討論。背板的後端分爲小盾片 (Scutellum) 及後小盾片 (Postscutellum)。小盾片的後角以腋索 (Axillary cord) 與翅相連。後小盾片是背板中很大的一部分。

(七) 腋片；蜻蜓的腋片只有一塊，即第一腋片，它是長三邊形，位於背前翅突與前緣基片之間，而與後者之內緣相銜接，在背面觀大部分爲前緣基片所遮蓋。有的蜻蜓 (例如 *Anax junius* Drury) 第一腋片與背前翅突相連而非爲一塊單獨的骨片；可能是因爲這個緣故以前有些昆蟲學家認爲蜻蜓沒有腋片。另外有一塊小骨片是位於背後翅突與第一腋片之前內緣之間。在有的蜻蜓 (例如 *Onychogomphus ardens* Needham) 這一塊小骨片與背後翅突分離成爲一塊單獨的小骨片，但是在別的一些種類它不是獨立的骨片。

在蜻蛉目中各專家對於第一腋片的數目及其來源的意見很不一致。這個問題是值得探討的。在 *Onychogomphus ardens* Needham 及 *Pachydiplax longipennis* Burmeister (Snodgrass, 1909; pl. 42, fig. 17, 1 Ax) 第一腋片是一塊獨立的長三邊形的小骨片。但是前面說過在 *Anax junius* Drury 它是與背前翅突相連而不是一塊獨立的骨片。Crampton (1924) 認爲古生翅類的昆蟲常常沒有腋片或是至多只有一個腋片，Forbes (1943) 說蜻蜓沒有腋片或是說沒有獨立的腋片。Snod-

grass 認爲蜻蜓只有一塊腋片。這塊腋片在 Snodgrass 的文章中曾作圖表示 (1909: fig. 17, 1Ax)，但是在他的名著“昆蟲形態學”書中却沒有提及也沒有圖示。作者覺得有的蜻蜓確具有一塊獨立的第一腋片，有的蜻蜓第一腋片和背前翅突沒有分離，在上面一節裏已經說過。這和 Crampton 所說的相合。

關於腋片的來源，Crampton 和 Forbes 的意見不一致。Forbes (1943) 認爲它們是由翅脈的基部演變而來。Crampton (1942) 認爲腋片有兩個來源，一部分是由背板側緣脫離而來，一部分是由翅脈基部脫離而來。Crampton 基於他的豐富的比較形態的研究，認爲第一腋片可能是由背板側緣脫離而成的。作者認爲 Crampton 的意見是對的。因爲在 *Anax junius* 第一腋片沒有和背前翅突完全脫離。這可能是一種線索說明第一腋片的來源了。Tillyard (1917) 把蜻蜓腋片當做與其他有翅類昆蟲的第二腋片是同源的，那無疑是錯誤的。

(八) 飛翔肌肉：Berlése (1909), Calvert (1893), 及 Tillyard (1917) 等人認爲蜻蜓的飛翔肌肉有 9 塊，這些肌肉是附着在帽形腱上。換言之，他們把肌肉所附着的內骨當做一種腱，並且認爲這些內骨所由生的骨片沒有什麽形態上的重要性。這些肌肉之中有 3 塊是最大的，即 (1) 前降翅肌 (Anterior depressor), 附着於翅下前側片，(2) 後降翅肌，(Posterior depressor)，附着於翅下後側片，(3) 主舉翅肌 (Principal elevator)，附着於側離片內骨。Snodgrass (1935) 把一般昆蟲的飛翔肌肉分爲兩類，即直接翅肌 (Direct wing muscles) 及間接翅肌 (Indirect wing muscles)。屬於間接翅肌者有背肌 (Dorsal muscle) 及背腹肌 (Tergosternal muscle)。Berlése (1909) 認爲主舉翅肌與其他昆蟲的第一背腹肌 (First tergosternal muscle) 是同源的。Tillyard (1917) 也採納這種意見。所以主舉翅肌便是間接翅肌之一。Forbes (1943) 認爲蜻蜓的間接翅肌退化或是說蜻蜓只有直接翅肌。Snodgrass (1935) 認爲蜻蜓沒有翅下側片肌，而飛翔肌肉是與翅基直接相連，其情形與新生翅類截然不同。但是作者上面已經指出蜻蜓的背腹肌及翅下側片肌都很發達，蜻蜓是具有直接及間接兩種翅肌，而且兩者對於飛翔都一樣地重要，一如其他新生翅類，所不同者是蜻蜓的背肌很小，又因蜻蜓沒有第三腋片，所以也沒有腋片肌。

三. 翅的加强構造

上面所討論的是翅基以及胸部有關飛翔的形態的問題。下面所要討論的是翅

本身怎樣依靠縱褶 (Fluting)，縱脈 (Longitudinal veins)，和横脈 (Cross veins) 來增加强度以適應飛翔的。

關於翅之縱褶，我們可以用一個例來說明：假使我們拿一張紙上下搧動，這張紙一定是軟弱無力很容易彎曲的。若是把這張紙摺成合扇的樣子，那麽這張紙就會相當地堅硬。這就說明了縱褶是能够增加這張紙的强度的。所以我們推想在進化的過程中當昆蟲生成翅的時候，那薄薄的翅一定也是具有縱褶的。這樣的縱褶在現代的蜻蜓、蜉蝣、以及許多其他的昆蟲中仍然存留着，尤其是愈近於翅之基部，因爲是愈用力的所在，縱褶也愈顯著；愈近翅之末端，翅便愈平坦，縱褶的情形便不顯著甚至於消失了。同樣的道理，近於前緣的縱褶也比較近於後緣者來得顯著。

縱脈和横脈都是用來增加翅之强度，勿容多加說明。縱脈都是順着縱褶之褶痕而生，因而有凸脈和凹脈之別。在蜻蜓的翅上有幾條縱脈和横脈對於加强翅之構造特別要緊的有如下述：(1) 翅之前緣，(2) 節前横脈，(3) 節後横脈，及 (4) 亞節脈等。現在分別說明如下。

翅之前緣：蜻蜓翅之前緣，經 Fraser (1948) 指出，是含兩部分而成的。由翅之基部至翅節 (Nodus) 處爲前緣脈 (Costa, C)，由翅節至翅端爲亞前緣脈 (Subcosta, Sc) 之一部分。按他的意見，亞前緣脈是由翅之基部起至翅節 (Nodus) 處折向前方然後再順着翅之前緣一直到翅之末端止。前緣脈之基部由一中間骨片 (Intermediate piece) 與前緣基片相衔接 (見 Snodgrass 1935: 220—1, C)。翅之前緣在横切面觀是扁平的或是三邊形的構造 (Chao 1951) 而不是圓柱形的構造，這顯然也是一種增加强度的結構。前緣的基端較粗，有一面具有 (或沒有) 淺縱溝，相對的一方有一條脊。這條脊在翅之基部是居於前緣的下方，可是因爲前緣大約扭轉了九十度的緣故而這條脊在第一原始節前横脈 Ax_1 以過便居於前緣的後方了。

節前横脈及節後横脈：自翅之基部至翅節止居於前緣與徑脈 (Radius, R) 之間有許多横脈，叫做節前横脈 (Antenodal cross veins)。同樣的情形，自翅節至翅之末端居於前緣與第一枝徑脈 (R_1) 之間有許多節後横脈 (Postnodal cross veins)。這些横脈都會增加翅前緣區的强度的，它們和前緣之脊相連接。節前横脈可分兩列，居於 C 與 Sc 之間者稱爲前緣節前横脈 (Antenodal costal cross veins)，居於 Sc 與 R 之間者稱爲亞前緣節前横脈 (Antenodal subcostal cross veins)。在

這許多前緣與亞前緣節前橫脈之中，有兩條相連在一直綫上成為兩條較其他橫脈都寬厚而且堅强的橫脈，稱為原始節前橫脈 (Primary antenodal cross veins)，以前的昆蟲學家通用 Ax_1 及 Ax_2 代表之。後來作者 (Chao 1951) 發現另有一條位於翅之基部與 Ax_1 及 Ax_2 相似而為以前的人所忽略的一條橫脈，稱之為翅基原始節前橫脈 (Basal primary antenodal cross vein)，以 Ax_0 代表之。以前研究蜻蜓的人都說在現代的蜻蜓中節前橫脈最少的數目是兩條，這兩條也就是最原始的節前橫脈。可是現在作者認為在現代的蜻蜓中節前橫脈最少的數目是三條，即 Ax_0、Ax_1 及 Ax_2。這三條都是最原始的節前橫脈。在豆娘總科 (Coenagrionoidea) 中僅有這三條原始節前橫脈。在其他的蜻蜓中，除了這三條原始節前橫脈外，還有其他的節前橫脈，統稱為後生節前橫脈 (Secondary antenodal crossveins)。Fraser (1937, 1939) 曾經指出在若干類的蜻蜓中前緣與亞前緣後生節前橫脈並不相連在一直線上，支持前緣區的力量主要的是依靠原始節前橫脈，但是在一些蜻蜓中，例如 溪豔蛉科(Epallagidae) 的豆娘，前緣與亞前緣後生節前橫脈都連成直線，因而支持前緣區的力量就可以平均分配在這些節前橫脈上，Ax_1 及 Ax_2 與後生節前橫脈變成一樣大小而沒有什麼分別了。作者現在要補充說明三點：(1) Ax_0 是支持前緣脈基部的一條極其重要的橫脈。在現代的蜻蜓中，即是如上述的溪豔蛉科中 Ax_1 及 Ax_2 退化而與其他後生節前橫脈沒有什麼區別，但是 Ax_0 仍然顯出是一條特別寬厚堅强的橫脈。因為前緣脈基部與中間骨片相銜接成為一個關節，所以需要一條堅强的橫脈來增加這地方的强度的。(2) Fraser (1939) 認為翅基輔節前橫脈 (Basal accessary antenodal nervure) 在功用方面以及在蜻蜓的緣系方面而論都有其重大的意義。這條小橫脈是位於 Sc 與 R 之間 Ax_1 之基方，許多研究蜻蜓的人都認為它是節前橫脈中最靠近翅之基部的一條小橫脈。Fraser 認為它的出現是來分担翅之基部的力量的。可是在作者發現 Ax_0 並且明瞭 Ax_0 對於翅前緣基部的重要性之後，那麼位於 Ax_0 與 Ax_1 之間而靠近於 Ax_1 的這一條輔節前橫脈對於翅前緣基部之機械的功用似乎不像 Fraser 所說的那麼重要的了。(3) 作者認為原始節前橫脈的主要功用是保持前緣區的縱褶狀態以增加該區的强度。換言之，原始節前橫脈是要保持 Sc 成為凹脈，使前緣區保持着縱褶的狀態以增加翅之强度的。除了這些重要的節前橫脈以外，Fraser (1939) 及作者 (Chao 1951) 都指出在翅之腹面還有一條橫脈對於翅之機械的功用也是極其重要的。它的構造與原始節前橫脈相同。它是一條綜合性的橫脈，包含亞節脈 (Sub-

nodus) 及與亞節脈相連的一條小橫脈連接而成。Fraser 對於這條綜合性的橫脈曾加討論。作者認爲它的主要的功用可能是保持 R_1 成爲凸脈，也是使前緣區附近保持着縱褶的狀態以增加翅之强度的。

參 考 文 獻

Berlèse A. 1909. "Gli Insetti, etc." Vol. 1 (Embryology and Morphology). Soc. Editrice Libraria, Milan, pp. 1-1004, figs 1-1292.

Calvert, P. P. 1893. North American Odonata. (Part 1, General account of Odonata.) *Trans. Amer. Ent. Soc.*, **20**: 153-268. 3 pls.

Chao, H. F. 1951. A note on the persistence of a much-neglected primary antenodal cross vein in the order Odonata. *Ent. News*, **62** (3): 103-5.

Crampton, G. C. 1918. The phylogenetic study of the terga and wing bases in Embiids, Plecoptera, Dermaptera, and Coleoptera. *Psyche*, **25**: 4-12, pl. 1.

————. 1924. The phylogeny and classification of insects. *J. Ent. Zool.*, **16**: 33-47.

————. 1942. The external morphology of the Diptera. In Guide to the insects of Connecticut. Part VI. The Diptera or true flies of Connecticut. *Conn. Geol. Nat. Hist. Surv. Bull.* no 64, pp. 10-165, 14 pls.

Forbes, W. T. M. 1943. The origin of wings and venational types in insects. *Amer. Midl. Nat.*, **29** (2): 381-405.

Fraser, F. C. 1937. A note on the persistence of the primary antenodal nervures in the order Odonata. *Proc. R. ent. Soc. London.* (A), **12**: 101-7, 2 figs.

————. 1939. A note on the function, incidence and phylogenetic importance of the basal acessory antenodal nervures in the order Odonata. *Proc. R. ent. Soc. London* (A), **14**: 63-68, 10 figs.

————. 1948. A new interpretation of the course of the subcostal vein in the wings of Odonata, with remarks on Zalessky's notation. *Proc. R. ent Soc. London* (A), **23**: 44-50.

Needham, J. G. and M. H. Anthony. 1909. The skewness of the thorax in Odonata. *J. N. Y. ent. Soc.*, **11**: 117-24, pl. 1.

Snodgrass, R. E. 1909. The thorax of insects and the articulation of the wings. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, **36**: 511-95, pls. 40-69.

————. 1927. Morphology and mechanism of the insect thorax. *Smithson. Misc. Coll.*, **80** (1): 1-108.

————. 1930. How insects fly. *Smithson. Rept.*, **1929**: 383-421.

————. 1935. Principles of insect morphology. McGraw-Hill book Co., New York. 667 pp., 319 figs.

Tillyard, R. J. 1917. The biology of dragonflies. Cambridge Univ. Press. London. xii 396, 4 pls.

MORPHOLOGICAL STUDIES OF THE DRAGONFLY WING-BASE

CHAO HSIU-FU
Fukien Agricultural College

The present study deals with wing mechanics of the dragonflies with special reference to some morphological structures pertaining to the movement of the wings and mechanical devices which strengthen the wing.

Particular attention is given to the courses of the pleural sutures and the relative positions of the wings and the legs. The course of the mesothoracic pleural suture of the dragonfly is crooked, with its lower one-fourth almost perpendicular to the longitudinal axis of the body, its upper three-fourths slightly bowed and slanting posteriorly, and with a short portion between them smoothly curved. The metathoracic pleural suture has almost the same shape as the preceding one. The older view as to the phylogenetic origin of the orientation of the pleural regions is well expressed by Tillyard (1917, 1926), Imms (1948), and others who maintain that the great development of the mesothoracic anepisterna "pushes" the wings backward away from the head, carrying the terga with them, and that the correlated growth of the metathoracic epimera "pushes" the sterna and the legs forward so that the latter come into position close behind the mouth. However, judging from the courses of the pleural sutures, it is believed that the vertical positions of the lower portions of the pleural sutures (a condition usually considered to be primitive) probably indicate the primitiveness of this region while the posteriorly slanting position of their upper portions probably indicate the evolutionary enlargement of the upper portion of the synthorax. The static nature of the lower region of the pleural suture indicates that the legs have not been "pushed" forward, while the posteriorly slanting position of the upper region indicates that the wing have moved backwards away from the head, to a position at or near the center of gravity of the greatly elongate body of the insect.

Each wing is articulated with the thorax in three places: (1) The ventral branch of R+M articulates with the posterior arm of the pleural wing process. This is the principal pivot of the wing. (2) The humeral plate articulates with

the prealare. (3) The axillary plate articulates with the posterior notal wing process. The prealare-humeral articulation is particularly interesting in two respects: First, the prealare normally "extends laterad or ventrad to the episternum and thus supports the notum anteriorly on the pleural wall of the segment." (Snodgrass, 1935). In dragonflies the prealare is separated from the episternum by a large membranous region. It does not offer any support to the notum anteriorly; the latter is subjected to move up and down freely and synchronously with the movement of the wings. Secondly, the prealare-humeral articulation is probably unique to dragonflies, since in other winged insects the wings are articulated with the anterior wing processes instead of the prealares.

At the dorsal end of each pleural suture the pleuron is produced into an inverted foot-shaped pleural wing process. The tip of the foot (the posterior longer arm of the wing process) acts as the principal pivot for the articulation of the wing. The anterior basalare and the posterior subalare, collectively called the epipleural sclerites or paraptera, are present. They are very small externally and so deeply imbedded in the membrane as to be easily overlooked. Internally each has a very large apodeme which has a stalk greatly expanded apically into a large surface for the attachment of the depressor muscle. Judging from the structure of the pleural wing process and the epipleural sclerites, it appears that the pleural mechanisms of the wing in dragonflies does not differ fundamentally from those of the higher orders of winged insects.

Dragonflies have both direct and indirect types of flight muscles. This interpretation differs from what many authors maintain that in Odonata the indirect muscles are non-functional or that only direct wing muscles are present.

In dragonflies only one distinct axillary sclerite is present. This sclerite may be partly fused with the anterior notal wing process. The last mentioned condition probably indicates that the first axillary sclerite is apparently formed as detached portion of the lateral region of the notum.

The fluting of the dragonfly wing is essential for longitudinal rigidity of the wing and also adds greatly to the rigidity across the wing. Particular attention is given to the structure of the costal margin, the presence of the three primary antenodal cross veins, and the presence of a composite cross vein consisting of a short portion of Sc along subnodus and a short cross vein extending from subnodus backward. These cross veins are arranged in such a way as to give maximum rigidity to the costal region of the wing during flight.